

## СУЧАСНІ АДГЕЗІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ

*Донецький національний технічний університет, Білецький Володимир  
Стефанович, м. Макіївка, Донецької області, 86147, квартал Залізничний,  
буд. 28, кв. 32; дом. тел. (06232) 5-20-56; E-mail: [shid@uvika.dn.ua](mailto:shid@uvika.dn.ua)*

*Викладено теоретичні і практичні аспекти застосування адгезійних технологій, селективної масляної агрегації для вирішення екологічних проблем.*

*The theoretic and practic aspects of adhesion technologic, the process of selective oil agregation for ecological problem are exposition.*

Сучасна екологічна ситуація [1] вимагає пошуку нових ефективних технологій для забезпечення екологічної чистоти технологічних процесів. Особливу актуальність має пошук і впровадження екологічно чистих технологій переробки мінеральної сировини. Серед них важливу роль відіграють так звані адгезійні технології, що базуються на явищі взаємного прилипання двох різнорідних твердих тіл або рідин при їхньому контакті. Ці технології зокрема покладені в основу ряду способів очистки поверхні моря від нафтопродуктів, способів очистки стічних промислових вод, ґрунту просякненого нафтопродуктами тощо.

Разом з тим, сьогодні бракує узагальнюючих досліджень, які б розкрили вітчизняний доробок у цій сфері.

Мета цієї роботи – аналіз процесу селективної масляної агрегації (СМА), зокрема, його вітчизняного варіанту, як основи для створення екологічно чистих технологій при переробці мінеральної сировини.

Процес масляної агрегації відомий з 1861 року (проце Хайнса), його аналогами в наступні роки стали Трент-процес, “Конвертоль”, “Оліфлок”,

сферична агломерація, масляна селекція, вітчизняний процес “ОВЗУМС” (Донецький національний технічний університет) та ін.[2, 3].

Селективна масляна агрегація поєднує сукупність процесів структурування тонкої полідисперсної гідрофобної фази у водному середовищі маслами. В основі процесів СМА лежить механізм адгезійної взаємодії олеофільної поверхні твердого матеріалу з маслами, в результаті якого досягається її селективне змочування і агрегування в турбулентному потоці води. Гідрофільні часточки, не змочувані маслом до складу агрегатів не входять, що дозволяє виділяти їх у вигляді мінеральної суспензії. У залежності від режимних параметрів, технологічної схеми, досягаемого результату, зокрема, виду продукту агрегації виділяють масляну грануляцію (МГ), агломерацію (МА) та флокуляцію (МФ). При грануляції та агломерації в процес втягуються гідрофобні зерна до 3-5 мм, а при флокуляції - не більше 0,1-0,2 мм. Гранулят являє собою моно- або полідисперсний сипкий продукт, складений з шаровидних і овальних гранул крупністю від 0,5-0,7 мм до 7-10 мм. Агломерат - це частково згранульований полідисперсний гідрофобний матеріал представлений комплексами крупністю від 0,2-0,3 мм до  $(1,1-1,3) d_{\max}$  ( $d_{\max}$  - максимальний діаметр зерна). Флокули - пухкі або ущільнені комплекси крупністю не більше 0,2-0,3 мм.

В царині наукових основ селективної масляної агрегації можна виділити адгезійну теорію (основну) та ряд допоміжних гіпотез процесу СМА: термодинамічну, “амальгамну”, коалесцентну, масово-статистичну.

Адгезійна теорія СМА розроблена в роботах Г.Румпфа [4, 5], Д.Невітта [6], В.Білецького, А.Слішевича [7-9] та ін. В основу агрегатоутворення поставлено адгезійні та аутогезійні процеси, що дозволило виконати математичний опис сил зчеплення гідрофобних зерен в агрегатах, зробити розрахунок співвідношення домінуючих сил зчеплення - капілярних та когезійних, вивчити процеси у міжфазній зоні „адгезив-субстрат“.

Термодинамічна гіпотеза висунута В.Шилаєвим [10] та М.Ніколаєвим [11], але зроблено це на рівні ідеї, припущення і докладно не опрацьовано. Виходячи з основних положень термодинаміки В.Білецьким [8] сформульовані необхідні і достатні умови агрегатоутворення. Ю.Папушиним виконано термодинамічний аналіз капілярних сил, що діють в процесі масляної агрегації вугілля [12]. Загалом цей напрямок теорії СМА нерозвинений, попри його перспективність.

„Амальгамна“ гіпотеза пояснює механізм формування агломератів (гранул) як взаємопов'язаної послідовності процесів: 1. Відновлювальної гідрофобізації вугільної фази; 2. „Амальгамування“ твердої фази з масляним зв'язуючим; 3. Розпаду „амальгами“ на краплі-флокули (первинні структури); 4. Коагуляції первинних структур в гранули (вторинні структури). Гіпотезу розвинуто А.Єслішевичем [7, 9] та Ю.Папушиним [12]. В.Білецьким розв'язано питання про критичну швидкість вугільних зерен, які впроваджуються у вуглемасляну „амальгаму“ [8]. „Амальгамна“ модель хорошо описує процес СМА при високих витратах масляного агента:  $Q_m \geq 10 \text{ мас.}\%$  на сухий матеріал.

„Коалесцентна“ гіпотеза пояснює механізм формування комплексів як взаємної послідовності процесів: 1. Утворення зародків гранул; 2. Формування гранул шляхом нашарування або конгломерації зародків; 3. Ущільнення гранул. Вперше такий підхід запропонував В.Шилаєвим [10] та М.Ніколаєвим [11], потім розвинуто В.Білецьким [8] та П.Сергєєвим [13]. „Коалесцентна“ модель дає теоретичну інтерпретацію процесу СМА при порівняно малих витратах масляного агента:  $Q_m \leq 3-5 \text{ мас.}\%$  на сухий матеріал.

„Амальгамна“ і „коалесцентна“ гіпотези по суті базуються на одній ідеї - феноменологічній, що передбачає диференційний (по-процесний) опис процесів селективної агрегації. Це системний підхід, який включає елементи адгезійної та термодинамічної гіпотези.

Масово-статистична гіпотеза висунута П.Сергеевим [13]. Використовуючи загальні положення теорії імовірностей, П.Сергеев пропонує для опису умов протікання процесу СМА вугілля таке рівняння:

$$P(A,B,C) = P(B) \times P(A/B) \times P(C/A,B),$$

де  $P(A,B,C)$  - імовірність того, що процес СМА відбувся;  $P(B)$  - імовірність зіткнення вугільних зерен з краплями зв'язуючої рідини;  $P(A/B)$  - імовірність закріплення зв'язуючого на вугільній поверхні за умови, що зіткнення „вугільне зерно - крапля масла“ відбулося;  $P(C/A,B)$  - імовірність виникнення вторинних вулемесяних структур за умови закріплення масла-зв'язуючого на вугільній поверхні.

Враховуючи багатфакторність процесу СМА розрахунок імовірностей  $P(B)$ ,  $P(A/B)$ ,  $P(C/A,B)$  утруднений. Тому задача П.Сергеевим вирішена тільки в загальних рисах, але є перспективною для подальшої розробки.

Розроблена нами адгезійна теорія процесу СМА докладно викладена в [14]. Вона включає розгляд елементарного акту контакту “адгезив-субстрат” у водній фазі (близька і далека гідродинамічна взаємодія, механізми зустрічі і контакту агрегатоутворюючих об'єктів), міжфазної взаємодії “адгезив-субстрат” (площа і фізико-хімія взаємодії, структурні зміни фаз, товщина граничного шару зв'язуючого на твердій поверхні, основні складові адгезійних сил), а також закономірності виникнення первинних та вторинних агрегатів, зокрема агрегатів типу “центр-оболонка”.

Зупинимося на деяких перспективних галузях впровадження процесу.

**Зневоднення вугілля після його магістрального гідротранспорту** із застосуванням техніки та технології масляної агрегації, є найбільш ефективним серед нетермічних способів зневоднення. При цьому досягається кондиційна вологість - 10-11%, що практично виключає необхідність застосування термосушил, які активно забруднюють довкілля. Крім того, технологія радикально зменшує втрати ультратонких класів вугілля з фугатом (фільтратом), забезпечуючи зольність твердої фази фугату не нижче 65-70%.

**Переробка шламів, вуглевмісної маси відвалів, мулонакопичувачів та шламовідстійників** методом СМА можливе за рахунок високого самовирівнювання процесу навіть при зольності спровини до 60-70%. Це дозволяє одержувати стабільний за якістю і порівняно низькозольний концентрат (до 15-20% золи) при високозольних відходах ( $\geq 80\%$  золи).

**Адгезійне збагачення золота і алмазів** на основі використання в якості носіїв і концентраторів золото- і алмазовмісних зерен вуглемасляних гранул забезпечує ступінь вилучення розкритого золота з руд та розсипів до 99%. При цьому адгезійна технологія збагачення золота є альтернативою традиційній екологічно небезпечній технології ціанування.

Адгезійні технології дозволяють утилізувати **масловмісні відходи нафтових, вуглехімічних виробництв та вторинні масла**. Крім того, якщо масловмісні відходи містять залізо (а це має місце на металургійних, підшипникових, ресорних та ін. заводах), то в результаті масляної грануляції вугілля з домішками таких відходів одержується шихта придатна для виготовлення залізококсу.

**Очистка ґрунту** від забруднення масляними речовинами забезпечується універсальністю адгезійного процесу агрегування, головними умовами протікання якого є контрастність гідрофільно-гідрофобних властивостей розділяємих компонент. Якщо ця умова виконується то пелетування омасленого ґрунту з вугіллям, сажею або їх аналогами у водному середовищі приводить до виділення гідрофільного ґрунту у водну фазу, утворення вугільно- або сажомасляних гранул (агломератів, флокул), які легко видаляються із суміші.

Отже, широкий діапазон технологічних можливостей дозволяє пропонувати адгезійні технології для вирішення екологічних проблем в ряді галузей промисловості.

Література:

1. Голубець М. Екологія: наукова сутність, об'єкти досліджень, завдання//Екологічні проблеми природокористування та біорозмаїття Львівщини. – Львів: НТШ. – 2001. – С. 9-18.
2. Харада Т., Мацуо Т. Агломерація у рідинах// Ніхон Когьо Кайсі. - 1982. - № 1134, С. 714-722.
3. Белецкий В.С. и др. Масляная грануляция / Обзор // Белецкий В.С., Елишевич А.Т., Сергеев П.В., Самылин В.Н., Виткова Т.И., Донецк. политехн. ин-т. - Донецк, 1988. - 37 с.: ил.- Библиогр.: 50 назв. - Деп. в УкрНИИТИ 19.10.88, № 2658.
4. Румпф Х. Принципиальные основы и методы гранулирования// Химия и химическая технология - 1959. - № 1. С. 64-91.
5. Rumpf H. Die Wissenschaft des Agglomerierens // Chemie-Ingenieur-Technik. - 1974 - № 1. S. 1-11.
6. Newitt D.M. Contribution to the theory and practice of granulation// Trans. Inst. Chem. Eng. - 1958. - v. 36., p. 422-442.
7. Елишевич А.Т. Некоторые особенности процесса структурообразования углемасляных конгломератов, полученных при обезвоживании гидросмеси МГТС // Химия твердого топлива. - 1983. - № 2. С. 115-119.
8. Білецький В.С. Розробка наукових основ і способів селективної масляної агрегації вугілля та вуглевміщаючих продуктів. - Дисертація на здобуття вченого ступеня докт. техн. наук. - Донецьк, 1994, 452 с.
9. Обогащение ультратонких углей / Елишевич А.Т., Оглоблин Н.Д., Белецкий В.С., Папушин Ю.Л. - Донецк: Донбас: 1986 - 64 с.
10. Шилаев В.П. Обогащение и обезвоживание тончайших угольных шламов с применением каскадно-адгезионной сепарации и грануляции. Автореф. диссерт. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. - М.: ВЗПИ, 1969. - 29 с.
11. Николаев Н.И. Разработка и исследование факельного процесса газификации саже-мазутной суспензии на воздушном дутье под давлением. Автореф. диссерт. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. М.: ВНИИ НП, 1974. - 23 с.
12. Папушин Ю.Л. Масляная агломерация высокосольного антрацитового топлива. Автореф. диссерт. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. Днепропетровск. - 1987. - 16 с.
13. Сергеев П.В. Разработка и внедрение технологии обогащения высокосольных угольных шламов методом масляной селекции. Автореф. диссерт. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. - Днепропетровск: - 1992. - 17 с.
14. Білецький В.С., Сергеев П.В., Папушин Ю.Л. Теорія і практика селективної масляної агрегації вугілля. – Донецьк: Грань. – 1996. - 264 с.